

Fetal artery Doppler velocimetry : a study in the human fetus and the fetal lamb

Citation for published version (APA):

van Vugt, J. M. G. (1988). *Fetal artery Doppler velocimetry : a study in the human fetus and the fetal lamb*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Rijksuniversiteit Limburg. <https://doi.org/10.26481/dis.19880311jv>

Document status and date:

Published: 01/01/1988

DOI:

[10.26481/dis.19880311jv](https://doi.org/10.26481/dis.19880311jv)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary

A short historical review is given as introduction in Chapter I, concerning the study of the fetal circulation. Since the introduction of noninvasive Doppler ultrasound measurements it became possible to study the human fetal circulation. Until that time only invasive measurements had been possible, mostly concerning animal experimental work. The aim of the present study was to investigate the haemodynamic changes during pregnancy with the help of Doppler ultrasound. Since large errors restricted the use of volume flow measurements, analysis of the blood velocity waveform of the fetal aorta and umbilical artery was performed.

In Chapter II the Doppler principle is explained and further technical aspects of fetal Doppler ultrasound measurements are outlined. The use of a pulsed Doppler device is preferable because of its ability to measure at selected depths. Signal processing using a spectrum analyser is advocated. Several methods have been developed to describe the velocity waveform. The most specific description of the haemodynamics of blood flow based on simple parameter calculation is the pulsatility index.

Furthermore, a review of the literature concerning blood flow measurements in the fetal aorta and umbilical vein is given. Also a survey of the literature concerning velocity waveform analysis of the umbilical artery, fetal aorta, fetal carotic artery and maternal uterine artery is presented. In the last part of this chapter the safety aspects of diagnostic ultrasound are discussed and data are given concerning the output energy of the pulsed-echo and pulsed Doppler set-up used in the present study.

In Chapter III two prospective longitudinal studies are presented concerning umbilical artery velocity waveform analysis. In the first article data are presented from a preliminary study of 27 patients with uneventful pregnancies. A gradually decreasing course of the mean values of the A/B ratio, resistance index (RI) and pulsatility index (PI) has been found. Also, comparisons have been made between the velocity waveform indices recorded in the 27 appropriate-for-date (AGA) fetuses and 9 intrauterine growth-retarded (IUGR) fetuses. Significant higher velocity waveform indices are found in the group with birthweights below the 10th centile. In the second part of the chapter a large prospective longitudinal study of 96 patients is presented. The mean values of the A/B ratio, RI and PI, has been calculated from the 15th till 40th week of pregnancy. IUGR fetuses were defined according a new developed non-birthweight criterion. The PI values of the IUGR and AGA fetuses were compared. Only 4 of the 18 fetuses with proven IUGR showed elevated PI values. One might conclude that increased velocity waveform indices do not specifically

indicate the IUGR fetus, but rather the fetus in (sub)acute fetal distress. Chapter IV provides two studies concerning the haemodynamic changes in the fetal aorta. The normal invariable course of the velocity waveform indices of 27 patients in the aorta during pregnancy is given. A comparison has been made between velocity waveform measurements in the fetal thoracic and abdominal aorta. Significant higher PI values have been found in the thoracic aorta when compared with the abdominal aorta. Also significant higher PI values are found in the 8 fetuses with birthweight below the 10th centile compared with the appropriate-for-date fetuses. In the second part of the chapter a large prospective longitudinal study of 96 patients is presented. The mean values of the A/B ratio, RI, PI, acceleration time (AcT) and acceleration time percentage (AcTP) of the second and third trimester of pregnancy has been calculated. Twenty-two small-for-gestational age (SGA) fetuses were studied with regard to their clinical course and PI values. Fourteen of the 17 post-natal evaluable SGA fetuses were IUGR, according to a non-birthweight criterion. Only 3 of them showed elevated PI values. As in the umbilical artery, elevated PI values are an earlier indication of a fetus in (sub)acute fetal distress. In Chapter V an interexaminer variability study on fetal Doppler velocity waveform analysis is presented. Measurements were performed in the fetal thoracic and abdominal aorta as well as in the umbilical artery. Poor agreement between examiners is found in measurements of the thoracic and abdominal aorta. Doppler ultrasound measurements of the umbilical artery have a good reproducibility. Therefore, velocity waveform analysis of the fetal aorta seems to have a restricted clinical value. In Chapter VI a comparison is made between continuous-wave and pulsed Doppler technique in the assessment of umbilical artery velocity waveforms. No substantial differences were found between the two techniques, although one must be aware of the slightly higher PI values obtained by CW Doppler technique. In Chapter VII an experimental animal study is presented concerning the PI and its relationship to placental vascular resistance. The effect of partial venous occlusions on umbilical artery velocity waveforms was studied in 4 chronically instrumented pregnant sheep. The PI of the umbilical artery increased significantly for a venous blood flow reduction of 40% and more. The placental vascular resistance, calculated according to the Poiseuille equation, showed no correlation with the increasing PI in the umbilical artery. Possibly the increase of the PI of the umbilical artery during partial venous occlusion was caused by an increased venous outflow pressure rather than by changes in the placental vascular resistance. In Chapter VIII the results of the previous chapters are discussed. Some suggestions for further investigation are given.

Samenvatting

In hoofdstuk I is een kort historisch overzicht geschetst betreffende de door de eeuwen heen gegeven belangstelling voor de humane foetale circulatie. Sinds de introductie van een niet invasieve methode die gebruikt maakt van Doppler ultrageluid is het mogelijk geworden de humane foetale circulatie werkelijk te bestuderen. Voordien was het slechts mogelijk met behulp van invasieve methodieken voornamelijk dierexperimenteel onderzoek te verrichten naar de foetale bloedsomloop. Het doel van onderhavige studie was met behulp van Doppler ultrageluid de haemodynamische veranderingen gedurende de zwangerschap te onderzoeken. Omdat aanzienlijke fouten kleven aan metingen van de quantificatie van de bloeddoodstrooming, is gekozen voor analyse van de bloedstroomsnelheids-patronen.

In hoofdstuk II wordt het Doppler principe uitgelegd. Daarnaast worden enkele technische aspecten van Doppler ultrageluid belicht. Het gebruik van pulsed Doppler ultrageluid is wenselijk vanwege de mogelijkheid om op een van te voren bepaalde diepte te kunnen meten. Signaal verwerking met behulp van spectraal analyse lijkt de meest aangewezen methode. De pulsatility index, gebaseerd op eenvoudige parameter berekening, geeft een nauwkeurige beschrijving van de haemodynamische veranderingen.

Tevens is in dit hoofdstuk een overzicht gegeven van de literatuur betreffende bloed "flow" metingen in de foetale aorta en navelstreng vene. Uitgebreid literatuur onderzoek is verricht naar de analyse van de bloedstroomsnelheidsprofielen in de foetale aorta, de navelstreng arterie, de foetale arteria carotis en de moederlijke arteria uterina. In het laatste gedeelte van het hoofdstuk worden de veiligheidsaspecten van diagnostisch ultrageluid onderzoek besproken en verslag gedaan van de intensiteits niveaus van de in dit onderzoek gebruikte apparatuur.

In hoofdstuk III worden twee onderzoeken betreffende de veranderingen van de bloedstroomsnelheid in de navelstreng arterie besproken. Het normale verloop van de bloedstroomsnelheids-indices in de zwangerschap wordt beschreven. In het eerste artikel worden de resultaten van een prospectief longitudinaal onderzoek van 27 patienten met een normaal verlopende zwangerschap besproken. De gemiddelde waarden van de A/B ratio, de resistance index (RI) en de pulsatility index (PI) dalen geleidelijk met voortschrijdende zwangerschapsduur. Tevens is er een vergelijking gemaakt tussen de verschillende indices in 27 foetussen met een normale groei tendens en foetussen met een abnormaal geringe groei ontwikkeling. Significant hogere pulsatility index waarden werden gevonden in de groep met lagere geboortegewichten. In het tweede deel van het hoofdstuk wordt een groot prospectief longitudinaal onderzoek gepresenteerd van 96 patienten. Van de 15de tot de 40ste week van de

zwangerschap zijn de gemiddelde waarden van de A/B ratio, RI en de PI, berekend. Intrauteriene groeivertraging (IUGR) werd gedefinieerd volgens een nieuw ontwikkelde, geboortegewicht onafhankelijke parameter. De PI waarden van de intrauterien groeivertraagde en normaal groeiende (AGA) foetussen werden vergeleken. Slechts 4 van de 18 werkelijk intrauterien groei vertraagde foetussen vertoonden verhoogde PI waarden. Geconcludeerd wordt dat een verhoogde pulsatiliteits index niet specifiek is voor groeivertraging maar meer (sub)acute foetale nood aangeeft.

Hoofdstuk IV bevat twee onderzoeken betreffende de haemodynamische veranderingen in de foetale aorta. Het normale onveranderde verloop van de bloedstroomsnelheids-indices van 27 patienten in de zwangerschap wordt beschreven. Tevens wordt een vergelijking gemaakt tussen metingen verricht in de thoracale aorta en abdominale aorta. Significant hogere PI waarden werden gevonden in de thoracale aorta in vergelijking met de abdominale aorta. Foetussen met een uiteindelijk geboortegewicht onder de 10de percentiel vertoonden hogere PI waarden, vergeleken met foetussen met een normale groei-tendens. In het tweede deel van het hoofdstuk wordt een prospectief longitudinaal onderzoek van 96 patienten beschreven. De gemiddelde waarden van de A/B ratio, RI, PI, acceleration time (AcT) en de acceleration time percentage (AcTP) in het tweede en derde trimester van de zwangerschap zijn berekend. Van tweeëntwintig kinderen te licht voor de zwangerschapsduur (SGA) werden het klinische verloop van de zwangerschap en de PI in de foetale aorta bestudeerd. Veertien van de 17 postnataal evalueerbare SGA kinderen bleken intrauterien groeivertraagd. Slechts 3 van hen vertoonden verhoogde PI waarden. Net zoals in de navelstreng arterie, blijken verhoogde PI waarden meer foetale (sub)acute nood aan te geven.

In hoofdstuk V wordt verslag gedaan van de reproduceerbaarheid van metingen van de bloedstroomsnelheid door verschillende onderzoekers. Metingen werden verricht zowel in de foetale thoracale en abdominale aorta, als ook in de navelstreng arterie. Weinig overeenkomst tussen de onderzoekers werd gevonden voor metingen verricht in de thoracale en abdominale aorta. Daarom lijkt analyse van de bloedstroomsnelheidscurven in de foetale aorta van geringe klinische waarde. Daarentegen blijken metingen in de navelstreng arterie goed reproduceerbaar te zijn.

Een vergelijking tussen continuous-wave en pulsed Doppler technieken wordt beschreven in hoofdstuk VI. Doppler metingen werden verricht in de navelstreng arterie. Geen wezenlijke verschillen tussen beide technieken werden gevonden, alhoewel de berekende PI waarden voor de pulsed Doppler techniek wat hoger uvielen dan voor de continuous-wave Doppler techniek.

In hoofdstuk VII wordt een dierexperimenteel onderzoek besproken dat de relatie tussen de PI en de placenta vaatweerstand onderzoekt. Het effect van gedeeltelijke occlusies van de navelstreng vene op de bloedstroomsnelheidsprofielen in de navelstreng arterie is onderzocht in het chronische schapepreparaat. De PI in de navelstreng arterie stijgt significant voor occlusies van 40% en hoger. De placenta vaatweerstand, berekend volgens de vergelijking van Poiseuille, vertoonde geen enkele correlatie met de verhoogde PI waarde in de navelstreng arterie. Geconcludeerd

wordt uit dit experiment dat de verhoogde PI waarde in de navelstreng arterie waarschijnlijk meer afhangt van de verhoogde veneuze uitstroom druk dan van veranderingen in de placenta vaatweerstand.

In hoofdstuk VIII tenslotte worden de resultaten van de vorige hoofdstukken samengevat en enige suggesties voor vervolg onderzoek gegeven.